

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 07-140381

(43)Date of publication of application : 02.06.1995

(51)Int.Cl.

G02B 13/18

G11B 7/09

G11B 7/135

(21)Application number : 05-289609

(71)Applicant : SONY CORP

(22)Date of filing : 18.11.1993

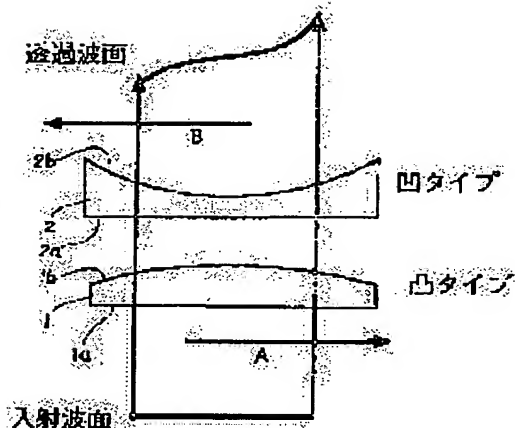
(72)Inventor : OKA MICHIO
EGUCHI NAOYA
SUGANUMA HIROSHI

(54) METHOD FOR CORRECTING COMA ABERRATION

(57)Abstract:

PURPOSE: To perfectly correct coma aberrations by arranging specific optical elements for compensation in the optical path of an optical system, moving these elements in a direction orthogonal with the optical axis to fluctuate their relative positions and to generate the coma aberrations reverse in positive and negative with respect to the coma aberrations of the optical system, thereby correcting the coma aberrations.

CONSTITUTION: Two sheets of the optical elements 1, 2 for compensation are arranged in the optical path and are moved in directions opposite to each other in the direction orthogonal with the optical axis to generate the coma aberrations reverse in positive and negative with respect to the coma aberrations generated by the optical system, by which the coma aberrations are corrected. The shapes of two sheets of the optical elements for compensation have convex and concave aspherical faces 1b, 2b respectively given by $\pm aR^4$ (R : the radius of the normalized pupil, a : quaternary aspherical face coefft.). Their respective incident faces 1a, 2a are formed as planes and the convex and concave aspherical faces 1b, 2b are formed as exit faces. The optimum moving quantity thereof is given by moving two pieces in the directions opposite to each other in proportion to the skew angle of the optical disk with respect to the generated coma aberrations.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 15.11.2000

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 21.10.2003

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平7-140381

(43) 公開日 平成7年(1995)6月2日

(51) Int.Cl. ⁸	識別記号	序内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 2 B 13/18		9120-2K		
G 1 1 B 7/09	G	9368-5D		
7/135	Z	7247-5D		

審査請求 未請求 請求項の数3 O L (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願平5-289609

(22) 出願日 平成5年(1993)11月18日

(71) 出願人 000002185

ソニー株式会社

東京都品川区北品川6丁目7番35号

(72) 発明者 岡 美智雄

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内

(72) 発明者 江口 直哉

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内

(72) 発明者 菅沼 洋

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内

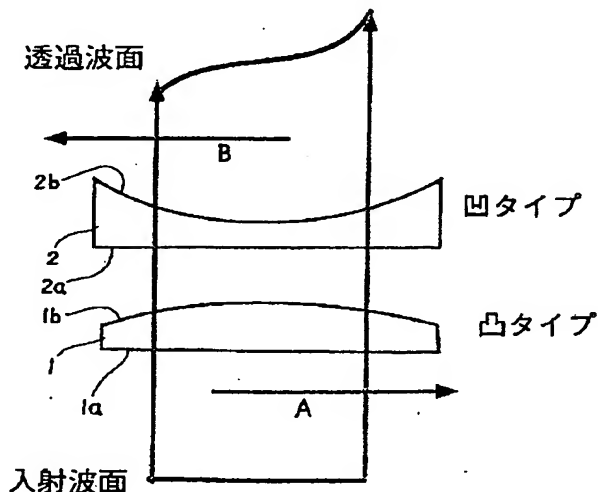
(74) 代理人 弁理士 小池 晃 (外2名)

(54) 【発明の名称】 コマ収差補正方法

(57) 【要約】

【構成】 コマ収差を持つ光学系中に、2枚の補償用光学素子を配置し、それらを互いに逆方向に移動させて光学系のコマ収差と逆のコマ収差を発生させて収差補正する。ここでいうコマ収差とは、5次まで含めたもので、その方位を問わない。2枚の補償用光学素子は、それぞれ、4次の凸と凹の非球面を有する。

【効果】 光学機器一般に発生するコマ収差を完全に補正できる。光ディスクプレーヤのようなシステムにおいては、傾き検知と補正駆動を与えることで、追従的かつ連続的かつ実時間的に高帯域高精度の補正を行なうことができる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 光学系の光路中に、 $\pm \alpha R^4$ （ R は、正規化瞳半径、 α は、4次非球面係数）で与えられる凸と凹との非球面を有する2枚の補償用光学素子を配置し、それらの少なくとも一方を光軸に直交する方向について移動させることによって、これら補償用光学素子の相対的位置を変動させ、該光学系のコマ収差に対して正負が逆のコマ収差を発生させて、該光学系のコマ収差を補正してなるコマ収差補正方法。

【請求項2】 光学系は、光ディスク用の光学ピックアップ装置のものであって、該光学系のコマ収差は、光ディスクの傾きによって生じたものである請求項1記載のコマ収差補正方法。

【請求項3】 光ディスクの傾き量を検出するスキュー検出手段による検出結果に応じて、移動操作手段を介して、補償用光学素子を移動操作してなる請求項2記載のコマ収差補正方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、光学系において発生するコマ収差を補正するコマ収差補正方法に関する。

【0002】

【従来の技術】従来より、あらゆる光学系の設計において、球面収差とコマ収差はまず第一に除去しなければならない収差であり、光学設計の歴史はコマ収差との戦いであったといっても過言でない。アッペの正弦条件は、コマ収差に対する設計指針を与えるが、コマ収差の量を自在にコントロールすることは困難である。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】これまでの光ディスク用の光学ピックアップ装置では、スキューに対するサーボ機構は、該光学ピックアップ装置の全体を傾けるものだったため、装置構成が大掛かりで、光ディスクに傾きに追従できる帯域も低いものであった。

【0004】また、現在、光ディスクに記録される情報信号の高密度化のため、上記光学ピックアップ装置における光源の短波長化と、対物レンズの高NA（開口数）化が進められている。そのため、上記光ディスクのスキューに対してシステムが敏感になり、各要素のマージンが狭まるという問題が起きている。

【0005】そこで、本発明は、上述の実情に鑑みて提案されるものであって、構成の複雑化を招来することなく、コマ収差を完全に補正することができるコマ収差補正方法を提供することを目的とする。

【0006】

【課題を解決するための手段】上述の課題を解決し上記目的を達成するため、本発明に係るコマ収差補正方法は、光学系の光路中に、 $\pm \alpha R^4$ （ R は、正規化瞳半径、 α は、4次非球面係数）で与えられる凸と凹との非球面を有する2枚の補償用光学素子を配置し、それらの

少なくとも一方を光軸に直交する方向について移動させることによって、これら補償用光学素子の相対的位置を変動させ、該光学系のコマ収差に対して正負が逆のコマ収差を発生させて、該光学系のコマ収差を補正するものである。

【0007】また、本発明は、上述のコマ収差補正方法であって、上記光学系としては、光ディスク用の光学ピックアップ装置のものを対象とし、該光学系のコマ収差は、光ディスクの傾きによって生じたものであることとしたものである。

【0008】さらに、本発明は、上述のコマ収差補正方法であって、光ディスクの傾き量を検出するスキュー検出手段による検出結果に応じて、移動操作手段を介して、補償用光学素子を移動操作することとしたものである。

【0009】

【作用】本発明に係るコマ収差補正方法においては、光学系の光路中に配置された2枚の補償用光学素子は、光軸に直交する方向についての相対的位置が変動されることにより、該光学系のコマ収差に対して正負が逆のコマ収差を発生させ、該光学系のコマ収差を補正する。

【0010】また、本発明に係るコマ収差補正方法においては、上記光学系として、光ディスク用の光学ピックアップ装置のものを対象とし、該光学系のコマ収差は、光ディスクの傾きによって生じたものであることとすることが出来る。

【0011】さらに、上述のコマ収差補正方法において、上記光ディスクの傾き量を検出するスキュー検出手段による検出結果に応じて、移動操作手段を介して、補償用光学素子を移動操作することとした場合には、該光ディスクの傾きにより生ずるコマ収差が逐次的に補正される。

【0012】

【実施例】以下、本発明の具体的な実施例を図面を参照しながら説明する。

【0013】[1] 本発明の概要

本発明に係るコマ収差補正方法は、図1に示すように、コマ収差を持つ光学系の光路中に、2枚の補償用光学素子1、2を配置し、これら補償用光学素子1、2を、図1中矢印A及び矢印Bで示すように、該光学系の光軸に直交する方向であって互いに逆の方向に移動させ、これら補償用光学素子1、2の相対的位置を変動させることにより、この光学系が発生するコマ収差に対して正負が逆のコマ収差を発生させて、該光学系のコマ収差を補正するものである。ここでいうコマ収差とは、5次まで含めたもので、その方位を問わない。上記2枚の補償用光学素子の形状は、それぞれ、 $\pm \alpha R^4$ （ R ：正規化瞳半径、 α ：4次非球面係数）で与えられる凸と凹との非球面1b、2bを有するものである。これら補償用光学素子1、2は、それぞれ入射面1a、2aが平面となされ

ており、凸と凹との非球面1b、2bが射出面となされている。

【0014】また、これら補償用光学素子は、上述の凸と凹との非球面と同等の波面変換の機能を有する素子としてもよい。例えば、これら補償用光学素子は、上記非球面形状を量子化された階段形状で近似したものとすることができる。また、これら補償用光学素子は、屈折率分布型レンズと球面研磨を組み合わせることもできる。

【0015】上記光学系が光ディスクより情報信号を読み出す光学ピックアップ装置である場合において、上記各補償用光学素子の最適移動量は、上記光学系において発生するコマ収差の方位に対して、2枚を互いに逆方向に光ディスクのスキュー（傾き）角に比例する移動をすることで与えられる。その最適補正コマ収差発生量（W31）'は、

$$W_{31} - (W_{31})' = - (6/5) W_{51}$$

で与えられる。
【0016】これら補正用光学素子を光ディスク用の光学ピックアップ装置の光路中に配置すれば、光ディスクの回転ぶれや反りによって生じるコマ収差を高帯域まで追従的に補正することができる。その場合には、上記光ディスクのスキュー検知機構を設け、それから算出されるコマ収差量に対して、移動駆動機構によりそれぞれの補償用光学素子に最適移動量を与えるようにする。 *

$$W_{51} = \frac{t(N^2-1)(N^2+3)}{8N^5} \theta NA^5 \cdot \left(\frac{t_{\text{ディスク厚み}}}{N_{\text{ディスク屈折率}} NA_{\text{対物レンズ}} \text{開口数}} \right)$$

【0021】で与えられる。ただし、これら【数1】及び【数2】中のtは、上記光ディスク厚みであり、Nは、該光ディスクのディスク基板の屈折率であり、NAは、上記対物レンズ開口数である。上記光ディスクの上記基板において生ずるコマ収差は、主に3次なので、本発明に係るコマ収差補正方法により補正できる。

【0022】【3】本発明の原理

本発明に係るコマ収差補正方法において使用する補償用光学素子1、2は、凹凸2枚の非球面プレートであって、図1に示すように、面内（光軸に対する直交方向）での横移動（移動量を±sとする）によって、スキューによって生じるコマ収差と逆の極性を持つコマ収差を発生させ、収差補正を行なうものである。これら補償用光学素子の形状を、

【0023】

【数3】

$$(\text{補正波面}) \bar{W} = OPD_+(x+s, y) + OPD_-(x-s, y)$$

$$= (N-1)8 \cdot a \cdot s \cdot r^3 \cos \theta +$$

$$(N-1)8 \cdot a \cdot s \cdot r \cos \theta$$

$$= (3\text{次のコマ収差}) + (\text{波面ティルト})$$

*【0017】【2】光ディスクのスキューによって生じるコマ収差

上記光ディスク再生時の該光ディスクのスキューによって発生するコマ収差は、光学ピックアップ装置の光源の短波長化、対物レンズの高NA（開口数）化によって増加し、大きなノイズ要因となる。光ディスクに記録される情報信号の高密度化に際して、光学系における大きな課題として現在クローズアップされている。なお、光ディスクは、透明な合成樹脂材料よりなるディスク基板の一面側に信号記録層が被着され、または、該一面部が信号記録面部となされて、構成されている。この光ディスクに対する情報信号の書き込み及び読み出しは、この光ディスクの他面側より、上記ディスク基板を透して行われる。

【0018】上記光学系において、3次、5次のコマ収差は、上記光ディスクのスキューに比例する。光ディスクのスキューθ（rad）が生じたときの3次、5次のコマ収差係数（W31、W51）は、

【0019】

【数1】

$$W_{31} = \frac{t}{2} \frac{N^2-1}{N^3} \theta NA^3 \cdot \left(\frac{t_{\text{ディスク厚み}}}{N_{\text{ディスク屈折率}} NA_{\text{対物レンズ}} \text{開口数}} \right)$$

【0020】

【数2】

$$z = a \cdot r^4$$

【0024】とする。この【数3】において、aは、4次非球面係数であり、rは、規格化瞳半径である。この補償用光学素子1、2で発生する光路差（OPD）は、

【0025】

【数4】

$$OPD_{\pm}(x, y) = \pm(N-1)a \cdot r^4$$

$$= \pm(N-1)a \cdot (x^2 + y^2)^2$$

【0026】である。ここで上記各補償用光学素子1、2が互いにx方向に±s横ずれすると、補正波面は、θを瞳面内の方位として、

【0027】

【数5】

【0028】となり、微小な波面のティルト（第2項）を無視すると、上記補正波面は、横ずれ量 s に比例して変化する3次のコマ収差の波面を与えることが分かる。

（ここで、補正しようとしているコマ収差量は微小なものであり、非球面係数 a は小さなもので十分なため、ティルト量も微小である。また、ティルトは像面内での移動を生じるだけなので、光ディスクにおいてはトラッキングサーボで追従でき何ら問題はない。）そこで、上記光ディスクの傾きで生じたコマ収差と逆の方位に正負が逆の量の補正コマ収差をこの差動によって発生させてやれば良い。

【0029】[4] 高次のコマ収差の補正を考慮にいれた補正

対物レンズのNA（開口数）が大きい場合、コマ収差を十分に補正するには、3次の近似では不十分であり、5次の近似が必要になる。そこで、5次のコマ収差を仮定したときの波面のvarianceを求める。波面の形状を、ティルトを含めて、

【0030】

【数6】

$$W = W_{11}r \cos\theta + W_{31}r^3 \cos\theta + W_{51}r^5 \cos\theta$$

【0031】とする。波面のvariance（VAR）は、以下の【数7】中の前半部で示され、これをこの波面の形状について計算すれば、

【0032】

【数7】

$$\begin{aligned} \text{VAR} &= \frac{\iint W^2 r dr d\theta}{\iint r dr d\theta} - \left[\frac{\iint W^2 r dr d\theta}{\iint r dr d\theta} \right]^2 \\ &= \frac{1}{4} W_{11}^2 + \frac{1}{8} W_{31}^2 + \frac{1}{12} W_{51}^2 + \frac{1}{3} W_{11} W_{31} + \\ &\quad \frac{1}{5} W_{31} W_{51} + \frac{1}{4} W_{51} W_{11} \end{aligned}$$

【0033】となる。

【0034】ティルト補正後のVARの最小値については、まず、波面のティルト（ W_{11} ）を変化させて、VARの最小値を求める。

【0035】

【数8】

$$\frac{\partial \text{VAR}}{\partial W_{11}} = \frac{1}{2} W_{11} + \frac{1}{3} W_{31} + \frac{1}{4} W_{51} = 0$$

【0036】従って、

【0037】

【数9】

$$W_{11} = -\frac{2}{3} W_{31} - \frac{1}{2} W_{51}$$

【0038】の時にVARは最小値を与える。

【0039】このとき、上記【数9】を上記【数7】に代入すれば、

【0040】

【数10】

$$\text{VARmin} = \frac{1}{72} W_{31}^2 + \frac{1}{30} W_{31} W_{51} + \frac{1}{48} W_{51}^2$$

【0041】となる。従って、ティルト補正後のRMSの波面収差は、

【0042】

【数11】

$$\text{RMS}_{\text{wvfr}} = \sqrt{\frac{1}{72} W_{31}^2 + \frac{1}{30} W_{31} W_{51} + \frac{1}{48} W_{51}^2}$$

【0043】である。

20 【0044】3次コマ収差補正後のRMS波面収差については、上記各補償用光学素子1、2により3次のコマをコントロールできるとすると、 W_{31} に対する波面収差の極値が存在する。上記【数10】の W_{31} に対する極値を求めれば、

【0045】

【数12】

$$\frac{\partial \text{VAR}}{\partial W_{31}} = \frac{1}{3} W_{11} + \frac{1}{4} W_{31} + \frac{1}{5} W_{51} = 0$$

30 【0046】となり、従って、

【0047】

【数13】

$$W_{31} = -\frac{4}{3} W_{11} - \frac{4}{5} W_{51}$$

【0048】となる。この【数13】を上記【数9】に代入して、

【0049】

【数14】

$$W_{11} = \frac{3}{10} W_{51}$$

【0050】

【数15】

$$W_{31} = -\frac{6}{5} W_{51}$$

【0051】

【数16】

$$VAR_{min} = \frac{1}{1200} W_{s1}^2$$

【0052】
【数17】

$$RMS_{wvfr} = \frac{1}{\sqrt{1200}} W_{s1}$$

【0053】を得る。このようにして、波面収差のRMSをほぼ完全に補正することが可能である。つまり、3 10
次のコマについて補償用光学素子1, 2で発生する補正
量については、

$$\begin{aligned} (\text{補正量}) W_{s1} &= W_{s1} + \frac{6}{5} W_{s1} \\ &= \left\{ \frac{t}{2} \frac{N^2 - 1}{N^3} NA^3 \left(1 + \frac{3}{10} \frac{N^2 + 3}{N^2} NA^2 \right) \right\} \theta \\ &= 8as(N-1) \end{aligned}$$

【0058】

※20※【数20】

$$\therefore s = \left\{ \frac{t}{16a} \frac{N+1}{N^3} NA^3 \left(1 + \frac{3}{10} \frac{N^2 + 3}{N^2} NA^2 \right) \right\} \theta$$

【0059】の移動量sを、凹凸の2枚の補償用光学素子1, 2にそれぞれ逆方向に与えればよい。

【0060】【5】補償用光学素子の作製方法
本発明の原理を実現するいくつかのタイプの補償用光学素子の作製方法を以下に示す。

【0061】(1) 非球面形状

これら補償用光学素子1, 2は、図2に示すように、4 30
次の非球面1b, 2bを有しており、現在の加工技術をもってすれば、通常の非球面レンズと同様、金型を作製しモールドで大量複製することが可能である。また、少量であれば、非球面研磨によっても作製可能である。

【0062】(2) 屈折率分布型の材料を用いた方法
屈折率が中心からの距離の2乗に比例もしくは反比例するようにドーピングを施して、これをレンズとして使用できることが知られている(GRINレンズ)。これを薄く切り、図3に示すように、球面研磨を施せば、屈折率と厚みがそれぞれ2乗で光路長に寄与し、4次の非球面 40
を作製することができる。屈折率選別を行ない、それに対して、球面研磨の曲率半径を選べば、生産時の分留まりを向上できる。非球面加工に比べて、球面研磨で良いため、加工評価が容易で高精度の非球面加工の可能性はある。

【0063】(3) バイナリー形状を用いた方法

従来、レンズなどの光学素子は、研磨やモールドに良って作られてきた。バイナリー光学素子は、図4に示すように、リソグラフィー・エッチングなどの微細加工技術によって、ガラスの表面に波長オーダーの光路差を与え 50

*【0054】
【数18】

$$W_{s1} - (\text{補正量}) W_{s1} = -\frac{6}{5} W_{s1}$$

【0055】となるように選ぶことにより、最良の波面収差が得られる。これが、この例における高次までを含めたコマ収差補正の基本公式である。

【0056】上記【数18】と上記【数1】、【数4】より、

【0057】
【数19】

る量子化された階段状の凹凸を彫り上げ、透過波面を直接変形するものである。

【0064】エッチング(リフティング)により、8ステップの素子なら3回、4ステップなら2回の露光で作製できる。つまり、まず最初に2段階で近似し、そのそれぞれをさらに2段階で近似するというプロセスを繰り返していけば、図5に示すように、鼠算式にステップを増やすことができる。この手法によって、上記補償用光学素子の4次の非球面形状を近似することができる。

【0065】(4) バイナリー形状素子の設計
バイナリー形状素子の設計は、非球面形状の近似として行なう。これは、非球面プレートが理想的な機能を持っているため、これに近付ければ最も優れた特性の素子を得られると期待されるからである。n段階のステップでバイナリー化する設計の手順は、図4に示すように、以下の通りである。

【0066】(1) 光路に1波長差を生じる厚み毎に分割し、不要な部分を取り除く。(フレネルレンズ化)
(2) 頂点から底の部分までの高さを2n等分する。
(3) $k/2n$ ($k=1$ 及至 $(2n-1)$ (奇数)) 番目の点にステップを設ける。

【0067】つまり、これは非球面からのズレがP-P値で最小になるようにするという設計思想である。

【0068】【6】光ディスク用光学ピックアップ装置での実施例

本発明は、図7及び図8に示すように、光ディスク用の光学ピックアップ装置に適用することができる。上記光

学ピックアップ装置の光路中において、上記補償用光学素子1, 2を配置する位置は、往路の平行光束中である。なお、収束光中に配置する場合は、上記各補償用光学素子1, 2は、4次の非球面に収束光の2次の波面分を加えた形状にする。

【0069】光ディスクにおいて生ずるコマ収差はこの光ディスク上における光スポットの形状劣化を生じさせるが、復路に於ては殆ど影響がない。よって、往路中の上記光ディスク上に収束する前の光路中に上記各補償用光学素子1, 2を配置すればよい。

【0070】すなわち、この光学ピックアップ装置においては、レーザタイオード等からなる光源3より発した発散光束は、コリメータレンズ4により平行光束となされる。この平行光束は、上記各補正用光学層1, 2を透過して、ビームスプリッタ5に入射される。これら補償用光学素子1, 2は、この光学ピックアップ装置の光軸に直交する面内において、互いに逆方向に移動操作可能に支持されている。上記ビームスプリッタ5に入射された光束は、該ビームスプリッタ5を透過し、 $\lambda/4$

($(1/4)$ 波長)板6及び回折格子7を透過して、対物レンズ8に至る。この対物レンズ8は、入射された平行光束を光ディスク11の信号記録層(面部)上に集光させる。この光ディスク11の信号記録層(面部)により反射された光束は、発散しながら上記対物レンズ8に戻り、平行光束となされて、上記回折格子7及び上記 $\lambda/4$ 板6を透過して、上記ビームスプリッタ5に戻る。このビームスプリッタ5に戻った平行光束は、このビームスプリッタ5の反射面部により反射されて検出(集光)レンズ9に入射される。この検出レンズ9は、入射された光束をフォトダイオード等の光検出素子からなるディテクタ10に集光して入射させる。このディテクタ10の出力信号より、上記光ディスク11よりの読み出し信号、トラッキングエラー信号及びフォーカスエラー信号等の種々の信号が生成される。

【0071】そして、上記光学ピックアップ装置を用いて構成されるディスクプレーヤ装置においては、図8に示すように、上記光ディスク11のスキュー量を検出するスキュー検出手段となるスキューセンサ12が配設される。このスキューセンサ12は、発光素子と受光素子とを有して構成され、この発光素子の発する光束を上記光ディスク11に照射し、この光ディスク11により反射された該光束を該受光素子により受光するようになされている。そして、このスキューセンサ12においては、上記受光素子における上記光束の受光状態により、上記光ディスク11のスキューが検出されるようになされている。このスキューセンサ12の出力信号であるスキュー検出信号(θd)は、増幅器13によりK倍に増幅されて、増幅信号($K \cdot \theta d$)として比較器14に供給される。一方、この比較器14には、上記各補償用光学素子1, 2の位置を検出する位置検出センサ15によ

り出力された位置検出信号(x)が供給される。上記増幅信号($K \cdot \theta d$)と上記位置検出信号(x)とを比較して得られた差信号は、位相補償回路16を経て、アンプ17により増幅されて、上記各補償用光学素子1, 2を移動操作するための移動操作手段を構成するコイル18に供給される。このコイル18は、供給される電流に応じて、上記各補償用光学素子1, 2を上記光学ピックアップ装置の光軸に直交する面内において、互いに逆の方向に移動操作する。

10 【0072】このようにして、この光ディスクプレーヤ装置においては、上記光ディスク11のスキューにより生ずるコマ収差が、上記各補償用光学素子1, 2が発生させるコマ収差により相殺され、該光ディスク11に対する情報信号の良好な書き込み及び読み出しを行うことができる。

【0073】[7]実測データ

$z = (0.25 \times 10^{-4}) r^4$ で示される非球面1b, 2bを有する補償用光学素子1, 2を作成し、ディスク基板の厚み(t)が1.2mmの光ディスク11に1度(deg)のスキューを与えた場合の光学ピックアップ装置におけるコマ収差の補正状態を測定した。なお、上記非球面1b, 2bは、光軸よりの距離(r)が3.2mmの位置で、平面よりの変位が2.6 μ mである凸面、または、凹面である。上記光学ピックアップ装置の対物レンズ8の開口数(NA)は、0.6であり、上記各補償用光学素子1, 2の移動距離(s)は、 ± 1 mmとした。

30 【0074】上記各補償用光学素子1, 2による収差補正を行わない状態においては、図9に示すように、RMS波面収差が0.25 λ ($\lambda = 523$ nm)程度のコマ収差を生じている。この収差量は、図11に示すように、回折限界である0.07 λ の4倍近い収差量であり、このような収差が生じている場合においては、上記光ディスク11よりの情報信号の読み出しは不可能である。上記光ディスク11のスキューが0.3度程度のときに、上記RMS波面収差は既に0.07 λ 程度に達しており、この光ディスク11のスキューは、0.3度以下に抑えなければならないことになる。また、上記RMS波面収差を0.05 λ 程度に抑えるには、この光ディスク11のスキューは、0.2度以下に抑えなければならない。

【0075】そして、上記各補償用光学素子1, 2によりコマ収差の補正を行った場合には、図10に示すように、上記RMS波面収差は、0.023 λ ($\lambda = 523$ nm)程度に抑えられている。この収差量は、図11に示すように、回折限界である0.07 λ に対して十分に小さい。上記RMS波面収差を0.05 λ 程度に抑えるとしても、この光ディスク11のスキューは、0.6度より大きくなってもよい。

50 【0076】ただし、上記対物レンズ8の光軸と、上記

各補償用光学素子1, 2の設定中心、すなわち、上記光ディスク11のスキューが0度のときのこれら補償用光学素子1, 2の中心位置との間にずれがあると、非点収差が発生する。この非点収差は、図12に示すように、上記各補償用光学素子1, 2の設定中心のずれ量が0.2mmであるときに、0.035λ程度となっている。したがって、上記各補償用光学素子1, 2の設定中心のずれは0.2mm程度に抑える必要があるとともに、この設定中心のずれを縮小できれば、上記光ディスク11のスキューに対する許容量を大きくすることができる。

【0077】[8]片駆動方式について

本発明に係るコマ収差補正方法においては、上記各補償用光学素子1, 2のいずれか1枚だけを瞳面内で偏芯することによって、これら補償用光学素子1, 2の相対的位置を変動させて、コマ収差を発生させ、光学系において発生するコマ収差の補正を行うことができる。また、この補償用光学素子1, 2の内の1枚もしくは両方を上記光学系中の他の素子（例えば、コリメータレンズ、または、対物レンズ）と組み合わせて、1つの部品が複数の機能を有するようにすることもできる。

【0078】前述の例においては、上記各補償用光学素子1, 2のそれぞれを互いに逆の方向に動かしているため、装置が複雑になり、また、2つ補償用光学素子を相対的に動かすため、制御と調整に負担がかかる。この例においては、移動する補償用光学素子は1枚だけで済 *

$$W_{31} = \frac{t(N^2-1)(N^2+3)}{8N^5} \theta NA^5 \left(\frac{t; \text{ディスク厚み}}{N; \text{ディスク屈折率}} \right) \left(\frac{1}{NA; \text{対物レンズ開口数}} \right)$$

【0084】で与えられる。ただし、これら[数21]及び[数22]中のtは、上記光ディスク厚みであり、Nは、該光ディスクのディスク基板の屈折率であり、NAは、上記対物レンズ開口数である。上記光ディスクの上記基板において生ずるコマ収差は、主に3次なので、本発明に係るコマ収差補正方法により補正できる。

【0085】しかしながら、このとき、同時に非点収差※

$$\begin{aligned} OPD_{waves} &= \frac{\alpha(n-1)}{\lambda} [\{(x-x_0)^2 + (y-y_0)^2\}^2 - (x^2 + y^2)^2] \\ &= \frac{\alpha(n-1)}{\lambda} [-4\{x_0 x(x^2 + y^2) + y_0 y(x^2 + y^2)\} + \\ &\quad 4(x_0^2 + y_0^2)(x^2 + y^2) - 2(x_0^2 - y_0^2)(x^2 - y^2) + \\ &\quad 8x_0 y_0 xy] \\ &= Coma_x + Coma_y + Spherical (= defocus) + \\ &\quad Astigma_o + Astigma_a \end{aligned}$$

【0088】ただし、この[数23]において、αは、4次の瞳半径で正規化された非球面係数であり、nは、補償用光学素子1, 2の屈折率（空気の屈折率は1とした）であり、λは、波長である。

*み、装置を簡略化できるという利点がある。しかも、機能としては、前述した例と同様の効果を得ることができる。

【0079】また、この例においては、2枚の補償用光学素子1, 2のうち1枚は固定できるので、その1枚は上記光学系中の他の素子と組み合わせることが容易になる。

【0080】[9]片駆動方式における原理

この例は、凹凸の非球面1b, 2bを有する2枚の補償用光学素子1, 2の一方のみを面内で移動させることにより、光ディスクのスキュー等によって生じるコマ収差と逆の極性を持つコマ収差を発生させ、収差補正を行なうものである。

【0081】上記光学系において、3次、5次のコマ収差は、上記光ディスクのスキューに比例する。光ディスクのスキューθ(rad)が生じたときの3次、5次のコマ収差係数(W31, W51)は、

【0082】

[数21]

$$W_{31} = \frac{t}{2} \frac{N^2-1}{N^3} \theta NA^3 \left(\frac{t; \text{ディスク厚み}}{N; \text{ディスク屈折率}} \right) \left(\frac{1}{NA; \text{対物レンズ開口数}} \right)$$

【0083】

[数22]

※が発生する。それについて、先ず説明する。

【0086】図9に示すように、凹凸の補償用光学素子1, 2のいずれか1枚をインシャルの位置から(x0, y0)動かしたときに、瞳面内の(x, y)を通過する各光束の光路差は次式で与えられる。

【0087】

[数23]

【0089】すなわち、片方の補償用光学素子のみの移動を行なった場合も、コマ収差が発生する。ただし、それに付随して、非点収差とデフォーカスが生じる。しかし、デフォーカスは光ディスクのピックアップにおいて

は、フォーカスサーボをかけることによって除去、もしくは最適像面に移動できる。また、非点収差は x_0 と y_0 の2乗の項なので、非球面係数 α を十分大きくしてやれば、十分小さな移動量(x_0 、 y_0)で補正に必要なコマ収差を発生させつつ、非点収差を十分小さな範囲に押さえることができる。

*

$$\text{Astigma coefficient} = \text{Generated coma's coefficient} \times \left(-\frac{x_0}{2} \right)$$

【0092】の関係がある。

【0093】また、補正コマ発生量は、4次の非球面係数及び補償用光学素子の移動量に比例する。従って、4次の非球面係数を大きくすれば、小さな移動量で同じ量のコマ収差を補正できる。補正コマ収差の発生量一定で移動量が小さくできれば、非点収差を十分小さくすることができる。だから、十分な大きさの非球面係数を持つように上記補償用光学素子を設計すれば、非点収差を殆ど無視できる。

【0094】それを計算してみると、非点収差の波面のvariance (VAR)は、

【0095】

【数25】

$$\text{VAR} = \frac{\iint W^2 r dr d\theta}{\iint r dr d\theta} - \left[\frac{\iint W^2 r dr d\theta}{\iint r dr d\theta} \right]^2$$

【0096】であり、これをこの非点収差波面について計算すれば、

【0097】

【数26】

$$\text{RMSastigma} = \frac{5}{48} W_{22}^2$$

※

$$(\text{補正量}) \bar{W}_{31} = W_{31} + \frac{6}{5} W_{31}$$

$$= \left\{ \frac{1}{2} \frac{N^2 - 1}{N^3} NA^3 \left(1 + \frac{3}{10} \frac{N^2 + 3}{N^2} NA^2 \right) \right\} \theta$$

$$= 4x_0 \alpha (N - 1)$$

【0104】

★ ★【数29】

$$\therefore x_0 = \left\{ \frac{1}{8\alpha} \frac{N+1}{N^3} NA^3 \left(1 + \frac{3}{10} \frac{N^2 + 3}{N^2} NA^2 \right) \right\} \theta$$

【0105】の移動量 X_0 を、凹凸の2枚の補償用光学素子1、2のいずれかにコマ収差を補正する向きに与えればよい。

【0106】

【発明の効果】上述のように、本発明に係るコマ収差補正方法においては、光学系の光路中に配置された2枚の

*【0090】上記【数23】より、差動により発生する補正コマ収差係数 (Generated coma's coefficient) と非点収差係数 (Astigma coefficient) の間には、

【0091】

【数24】

10※【0098】と求められる。

【0099】この結果を、上記補償用光学素子の移動量を横軸に、非点収差のRMSを縦軸に、非球面係数をパラメータとしてプロットしたのが、図10に示すグラフである。上記補償用光学素子の移動量は、発生するコマ収差量に比例するから、横軸を補正コマ収差発生量としても、同じようなグラフが得られる。4次の非球面係数を半減するにつれて、非点収差も半減していく。十分に非球面係数を大きくすれば、非点収差は無視できる。

【0100】あとは、上記の各収差係数に対して、2枚の補償用光学素子1、2を差動させる場合と同様にし、最適な補正コマ収差量が発生するよう設計できる。その最適化条件は、3次のコマ収差について補償用光学素子で発生する補正量について、

【0101】

【数27】

$$W_{31} - (\text{補正量}) \bar{W}_{31} = -\frac{6}{5} W_{31}$$

【0102】であり、

30 【0103】

【数28】

補償用光学素子は、光軸に直交する方向について相対的位置を変動されることにより、該光学系のコマ収差に対して正負が逆のコマ収差を発生させ、該光学系のコマ収差を補正する。したがって、このコマ収差補正方法によれば、光学機器一般において発生するコマ収差を完全に補正することができる。

【0107】また、本発明に係るコマ収差補正方法においては、上記光学系として、光ディスク用の光学ピックアップ装置のものを対象とし、該光学系のコマ収差は、光ディスクの傾きによって生じたものであることとすることができる。

【0108】さらに、上述のコマ収差補正方法において、上記光ディスクの傾き量を検出するスキュー検出手段による検出結果に応じて、移動操作手段を介して、補償用光学素子を移動操作することとした場合には、該光ディスクの傾きにより生ずるコマ収差が逐次的に補正することができ

【0109】したがって、上記光学機器を、光ディスクプレーヤのように駆動部を有し情報信号を連続的に読み出すシステムとした場合には、スキュー検出手段と補償用光学素子を移動操作する移動操作手段を備えることで、追従的かつ連続的かつ実時間的に高帯域高精度のコマ収差の補正を行なうことができる。また、簡潔な動作構造で実現が可能である。

【0110】すなわち、本発明は、構成の複雑化を招来することなく、コマ収差を完全に補正することができるコマ収差補正方法を提供することができるものである。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係るコマ収差補正方法を実施する装置の構成を示す側面図である。

【図2】上記コマ収差補正方法において使用する補償用光学素子の形状を示す側面図である。

【図3】上記補償用光学素子の形状の他の例であって媒質が屈折率分布を有するものを示す側面図である。

【図4】上記補償用光学素子の形状のさらに他の例であって量子化された形状を有するものを示す側面図であ

＊る。

【図5】上記補償用光学素子として用いるバイナリーレンズの製作手順を示す工程図である。

【図6】上記バイナリーレンズの形状を拡大して示す工程図である。

【図7】本発明に係るコマ収差補正方法を適用して構成された光学ピックアップ装置の構成を示す側面図である。

【図8】上記光学ピックアップ装置を有して構成された光ディスクプレーヤ装置の構成を示すブロック図である。

【図9】上記光学ピックアップ装置において、コマ収差の補正を行わない場合の波面収差量を示す3次元グラフである。

【図10】上記光学ピックアップ装置において、本発明に係るコマ収差の補正を行った場合の波面収差量を示す3次元グラフである。

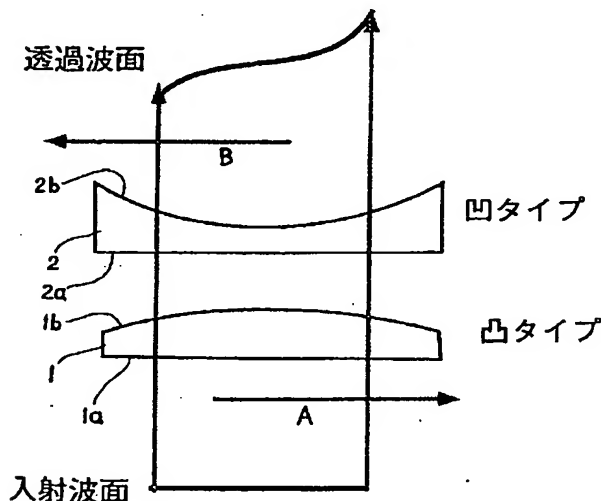
【図11】上記光学ピックアップ装置において、コマ収差の補正を行わない場合及び本発明に係るコマ収差の補正を行った場合における光ディスクの傾き角度と波面収差量との関係を示すグラフである。

【図12】上記光学ピックアップ装置における補償用光学素子の設定中心のずれ量と非点非収差量との関係を示すグラフである。

【符号の説明】

- 1, 2……………補償用光学素子
- 1b, 2b……非球面
- 12……………スキューセンサ
- 18……………コイル

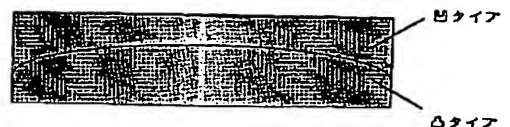
【図1】



【図2】



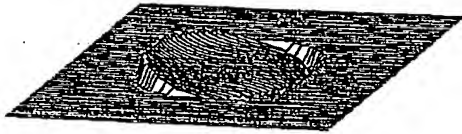
【図3】



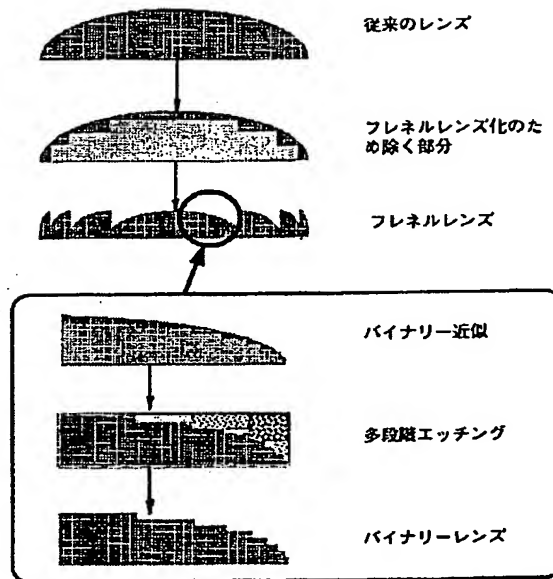
【図4】



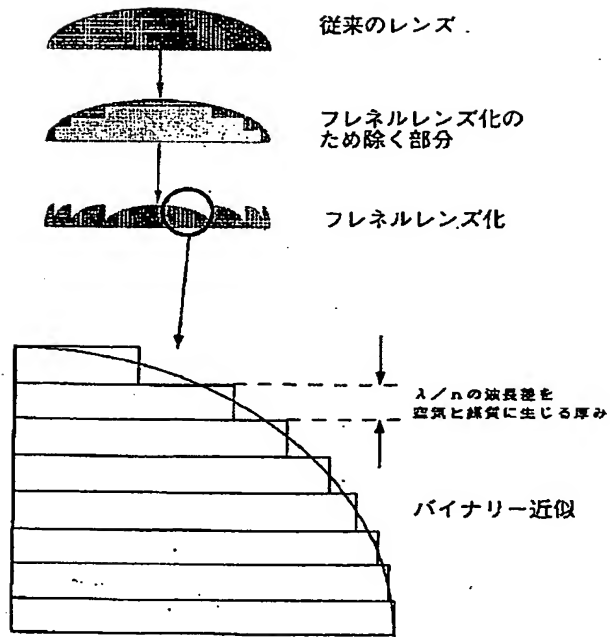
【図9】



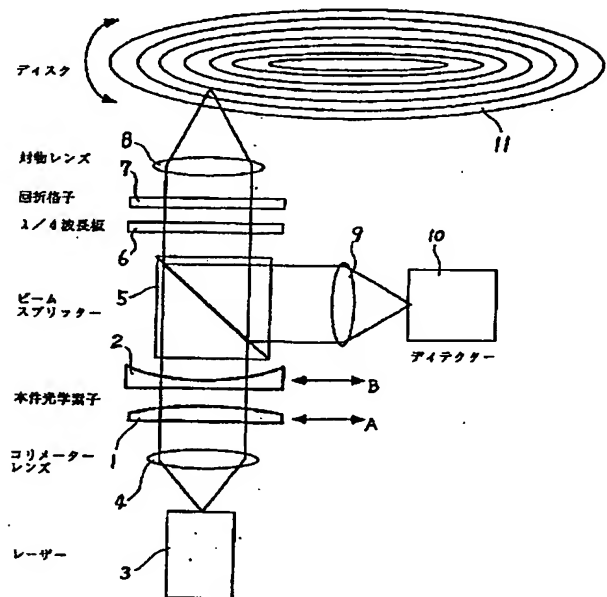
【図5】



【図6】



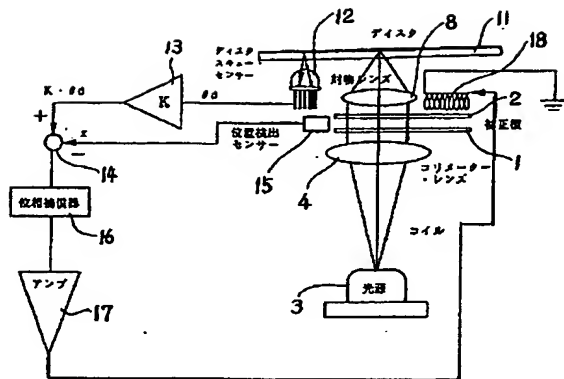
【図7】



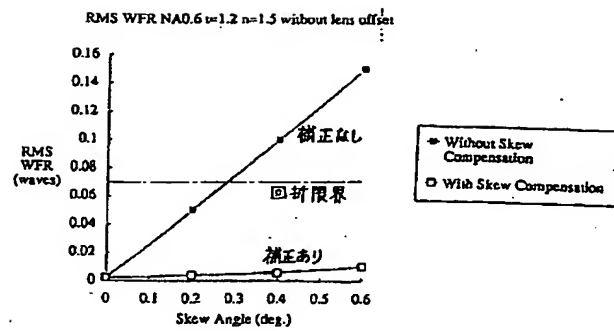
【図10】



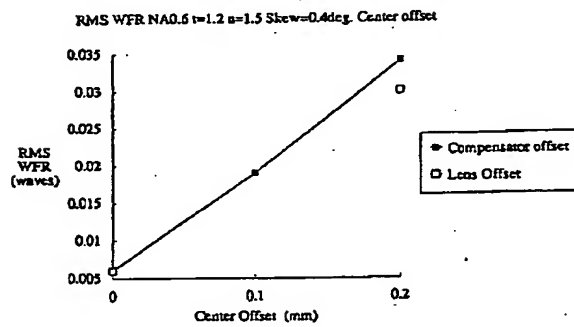
【図8】



【図11】



【図12】



【公報種別】特許法第17条の2の規定による補正の掲載
 【部門区分】第6部門第2区分
 【発行日】平成13年9月7日(2001.9.7)

【公開番号】特開平7-140381
 【公開日】平成7年6月2日(1995.6.2)
 【年通号数】公開特許公報7-1404
 【出願番号】特願平5-289609
 【国際特許分類第7版】

G02B 13/18
 G11B 7/09
 7/135

【F I】

G02B 13/18
 G11B 7/09 G
 7/135 Z

【手続補正書】

【提出日】平成12年11月15日(2000.11.15)

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0014

【補正方法】変更

【補正内容】

【0014】また、これら補償用光学素子は、上述の凸と凹との非球面と同等の波面変換の機能を有する素子としてもよい。また、この補償用光学素子1, 2の内の1枚もしくは両方を上記光学系中の他の素子(例えば、コリメータレンズ、または、対物レンズ)と組み合わせ、1つの部品が複数の機能を有するようにすることもできる。例えば、これら補償用光学素子は、上記非球面形状を量子化された階段形状で近似したものとすることができる。また、これら補償用光学素子は、屈折率分布型レンズと球面研磨を組み合わせることもできる。

【手続補正2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0073

【補正方法】変更

【補正内容】

【0073】[7] 計算結果

$z = (0.25 \times 10^{-4}) r^4$ で示される非球面1b, 2bを有する補償用光学素子1, 2を作成し、ディスク基板の厚み(t)が1.2mmの光ディスク11に1度(deg)のスキューを与えた場合の光学ピックアップ装置におけるコマ収差の補正状態を測定した。なお、上記非球面1b, 2bは、光軸よりの距離(r)が3.2mmの位置で、平面よりの変位が2.6μmである凸面、または、凹面である。上記光学ピックアップ装置の対物レンズ8の開口数(NA)は、0.6であり、上記各補償用光学素子1, 2の移動距離(s)は、±1mmとした。